

November 13, 2009

DECLARATION

The undersigned, Dana Scruggs, having an office at 8902B Otis Avenue, Suite 204B, Indianapolis, Indiana 46216, hereby states that she is well acquainted with both the English and German languages and that the attached is a true translation to the best of her knowledge and ability of DE 31 48 007, Inv.: ELLMANN, S., ET AL.

The undersigned further declares that the above statement is true; and further, that this statement was made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or document or any patent resulting therefrom.

A handwritten signature in black ink, reading "Dana Scruggs" in a cursive script.

---

Dana Scruggs

(19)

**FEDERAL  
REPUBLIC OF  
GERMANY**



**GERMAN PATENT  
OFFICE**

(12) **Laid-Open Application**

(11) **DE 31 48 007 A1**

(21) File No.: P 31 48 007.1  
(22) Application date: 4.12.81  
(43) Date laid open: 9. 6.83

(51) Int. Cl. <sup>3</sup>:

**G01 C22/00**

**DE 31 48 007 A1**

(71) Applicant:

Weh, Herbert, Prof. Dr.-Ing., 3300  
Braunschweig, DE

(72) Inventor:

Weh, Herbert Prof. Dr.-Ing., 3300  
Braunschweig. DE; Meins, Jürgen Dr.-Ing.,  
3340 Wolfenbüttel, DE

(54) »Pole Position Detection Using the Combination of Two Sensor Systems«

PATENT APPLICATION

“Pole Position Detection Using the Combination of Two Sensor Systems”

## Claims

1. A device for performing a contactless correction of the position signal of a moving body, in particular for use in a transportation system driven by a long-stator motor, wherein  
the position signal does not have a defined relationship to the linear motor winding, but rather oscillates periodically with the winding distribution of the long stator, and signals from vehicle-mounted probes, and measurable electrical variables of the long-stator winding are used to orient the position signal to the long-stator winding distribution.
2. The device as recited in claim 1,  
wherein  
the assignment to the stator electric loading determined on the vehicle via a probe, and the measurable course of stator winding currents over time are used to correct the vehicle position variable; the signals are linked as indicated by equation 1, as shown in figure 1.
3. The device as recited in claim 1,  
wherein  
only the voltage induced by the vehicle and calculated in a path model based on the measurable electrical variables of voltage and current are used to correct the vehicle position variable.
4. The device as recited in claim 1,  
wherein  
only a pulse-shaped signal is used to correct the vehicle position variable; the pulse-shaped signal is generated via the interaction of a further vehicle-mounted probe and passive sensor parts mounted on the vehicle, the passive sensor parts being situated such that a spacially defined relationship to the stator winding is given.

## Description of the Invention

The present invention relates to a device for performing a contactless correction of the position signal of a moving body, in particular for use in a transportation system driven by a long-stator motor, characterized by the fact that the position signal does not have a defined relationship to the linear motor winding, but rather oscillates periodically with the winding distribution of the long stator, and signals from vehicle-mounted probes, and measurable electrical variables of the long-stator winding are used to orient the position signal to the long-stator winding distribution.

The position of a moving body is determined by evaluating periodic, stationary structures along the route.

If synchronous or asynchronous long-stator linear motors are used to drive the body (vehicle), methods for determining vehicle position that use the tooth-slot structure of the stator that are periodic in terms of the slot division are advantageous since no additional devices along the route are required.

When the pole division of a stator winding geometry is known and the slotting structure is evaluated, a position signal is obtained that is periodic with the pole division. Without the use of additional measures, this variable provides relative position information, the assignment of which to the stator winding distribution is dependent on the continuity disruptions that occur in the slotting. A continual or point-shaped correction is required in order to establish an absolute relationship of the position signal to the stator winding.

As shown in figure 1, position signal  $\underline{N}$  (14) determined on the vehicle is corrected by a signal  $\underline{P}$  (17) formed by electric loading  $\underline{A}$  (13) measured on the vehicle and the course of stator currents  $\underline{i}$  (16) over time that are measured.

The electric load distribution related to the vehicle is determined using a known stray-field measuring device (1) (Pole Position Detection and Stabilization in a Synchronous Long-Stator Motor, etz-a, volume 6, 1977, pages 414-418). Signal  $\underline{A}$  (13) formed in the circuit system (3) is described by components  $A_d$ ,  $A_q$  relative to vehicle-based

coordinate system  $d, q$ . For the general case, this results in an angle  $\alpha_i$  of electric loading  $\underline{A}$  relative to vehicle position  $\underline{P}$ . The signals determined on the vehicle are directed to the stationary system part via transmission device (5).

The current-measurement system (6) detects the winding currents (15) supplied by the inverter (7) and, after converting the coordinates in (8), presents them as current vector  $\underline{i}$  (16) in the stationary  $\alpha, \beta$  coordinate system. Division (9) of the variables (13) and (16), (equation 1) yields position signal  $\underline{P}$  (17) which is independent of the amplitude of the current or the electric loading, and which is rotated by angle  $\theta = w_t + d_i$  relative to the  $\alpha, \beta$  coordinate system.

Position signal  $\underline{N}$  (14) formed by slot-counting device (2) in circuit system (4) has angle deviation  $\theta - \tau \neq 0$  relative to position signal  $\underline{P}$  (17). A phase correction of signal  $\underline{N}$  to signal  $\underline{P}$  is carried out in that the counter (11) used to form position signal  $\underline{L}$  (18) is periodically set to zero by signal  $\underline{P}$ .

If neither winding current  $\underline{i}$  nor electric loading  $\underline{A}$  are present, signal  $\underline{P}$  is not available. If the counter (11) is automatically reset when the counter status corresponds to one winding period, then signal  $\underline{L}$  (18) describes a position that corresponds to signal  $\underline{P}$ , if no slotting interferences occur.

A further possibility for correcting position signal  $\underline{N}$  (14) is shown in figure 2.

The electrical variables of the long-stator winding detected using the current-measuring device (6) and the voltage-measuring device (19) are supplied as signals (15), (20) to a model circuit (21). In the case of a synchronous linear motor, the output signal of the model circuit is voltage  $\underline{u}_p$  (22) induced by the vehicle, the course of which over time is described by position angle  $\theta$ . A phase correction of signal  $\underline{N}$  to signal  $\underline{u}_p$  is carried out in that the counter (11) used to form position signal  $\underline{L}$  (18) is periodically set to zero by signal  $\underline{u}_p$ . Signal  $\underline{u}_p$  (22) used for phase correction is available even if no stator electric loading is present. A point-shaped correction of position signal  $\underline{N}$  (14) is carried out by a probe device (24) installed in the vehicle, as shown in figure 3.

A pulse I (26) is triggered in the active vehicle probe (24) by a passive sensor part (25) situated in a defined relationship to the long-stator winding. The counter (11) is reset automatically by signal N (14) with a periodicity that corresponds to the long-stator winding, and, in addition, by pulse I (26). It is advantageous to situate the passive sensor parts (25) on the route such that discontinuities that occur in the stator slotting are limited. As a result, it is ensured that the effect of any position errors that occur are locally limited.

---

Figure 1:

DE	EN
Fahrzeug	Vehicle
Langstator	Long stator
WR	Inverter

Figure 2:

DE	EN
Fahrzeug	Vehicle
Langstator	Long stator
Modell	Model
WR	Inverter

Figure 3:

DE	EN
Fahrzeug	Vehicle
Langstator	Long stator
WR	Inverter



## Pole position detection by means of a combination of two sensor arrangements

**Publication number:** DE3148007 (A1)

**Publication date:** 1983-06-09

**Inventor(s):** WEH HERBERT PROF DR-ING [DE]; MEINS JUERGEN DR-ING [DE]

**Applicant(s):** WEH HERBERT [DE]

**Classification:**


- international: **B60L15/00; B60L15/00;** (IPC1-7): G01C22/00

- European: B60L15/00B1


**Application number:** DE19813148007 19811204


**Priority number(s):** DE19813148007 19811204

**Also published as:**

 DE3148007 (C2)

**Cited documents:**

 DE2353594 (B1)

 DE2116724 (A1)

Abstract of **DE 3148007 (A1)**

Published without abstract.

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

⑩ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 31 48 007 A 1

⑤ Int. Cl. 3:  
G 01 C 22/00

②① Aktenzeichen: P 31 48 007.1  
②② Anmeldetag: 4. 12. 81  
②③ Offenlegungstag: 9. 6. 83

⑦① Anmelder:  
Weh, Herbert, Prof. Dr.-Ing., 3300 Braunschweig, DE

⑦② Erfinder:  
Weh, Herbert Prof. Dr.-Ing., 3300 Braunschweig, DE;  
Meins, Jürgen Dr.-Ing., 3340 Wolfenbüttel, DE

DE 31 48 007 A 1

Behördeneigentlich

⑤④ »Pollageerfassung durch die Kombination von zwei Sensor-Anordnungen«

DE 31 48 007 A 1

PROF. DR.-ING. HERBERT WEH

- 2 -  
3148007

3148007

3300 BRAUNSCHWEIG, DEN 1.12.1981  
WÖHLERSTRASSE 20  
TELEFON (0531) 511483

P A T E N T A N M E L D U N G

"Pollageerfassung durch die Kombination von  
zwei Sensor-Anordnungen"

04-15-1

3148007

### S c h u t z a n s p r ü c h e

1. Einrichtung für eine berührungslose Korrektur des Lagesignals eines bewegten Körpers, insbesondere zur Anwendung bei einem durch einen Langstatormotor angetriebenen Verkehrssystem, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Lagesignal keinen definierten Bezug zur Linear-motorwicklung aufweist, jedoch mit der Wicklungsverteilung des Langstators periodisch verläuft, und zur Orientierung des Lagesignals an die Langstatorwicklungsverteilung fahrzeugseitige Sondensignale sowie meßbare elektrische Größen der Langstatorwicklung herangezogen werden.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zur Korrektur der Fahrzeuglagegröße die auf dem Fahrzeug mit einer Sonde ermittelte Zuordnung zum Statorstrombelag sowie der meßbare zeitliche Verlauf der Statorwicklungsströme herangezogen wird, wobei entsprechend der Darstellung in Abb. 1 eine Verknüpfung der Signale gemäß Gl. 1 erfolgt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zur Korrektur der Fahrzeuglagegröße nur die in einem Streckenmodell aus den meßbaren elektrischen Größen Spannung und Strom errechnete, vom Fahrzeug induzierte Spannung herangezogen wird.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß zur Korrektur der Fahrzeuglagegröße nur ein impulsförmiges Signal herangezogen wird, welches entsteht aus dem Zusammenwirken einer weiteren fahrzeugseitigen Sonde und an dem Fahrzeug angebrachten passiven Geoberteilen, wobei diese so angeordnet sind, daß ein örtlich definierter Bezug zur Statorwicklung gegeben ist.

04 10-81

3148007

### Beschreibung der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung für die berührungslose Korrektur des Lagesignals eines bewegten Körpers, insbesondere zur Anwendung bei einem durch einen Langstatormotor angetriebenen Verkehrssystem, gekennzeichnet dadurch, daß das Lagesignal keinen definierten Bezug zur Linearmotorwicklung aufweist, jedoch mit der Wicklungsverteilung des Langstators periodisch verläuft und zur Orientierung des Lagesignals an die Langstatorwicklungsverteilung fahrzeugseitige Sondensignale sowie meßbare elektrische Größen der Langstatorwicklung herangezogen werden.

Die Bestimmung der Lage eines bewegten Körpers erfolgt durch Auswertung periodischer ortsfester Strukturen entlang des Fahrweges.

Finden für den Antrieb des Körpers (Fahrzeuges) synchrone oder asynchrone Langstatorlinearmotoren Anwendung, so bieten Verfahren zur Fahrzeuglagebestimmung unter Ausnutzung der in der Nutteilung periodischen Zahn-Nut-Struktur des Stators Vorteile, da keine zusätzlichen Einrichtungen entlang des Fahrweges notwendig sind.

Bei einer durch die Polteilung bekannten Statorwicklungsgeometrie und entsprechender Auswertung der Nutungsstruktur ergibt sich ein mit der Polteilung periodisches Lagesignal. Ohne zusätzliche Maßnahmen beschreibt diese Größe eine relative Lageinformation, deren Zuordnung zur Statorwicklungsverteilung abhängig ist von in der Nutung auftretenden Kontinuitätsstörungen. Um einen absoluten Bezug des Lagesignals zur Statorwicklung herzustellen, bedarf es einer stetigen oder punktförmigen Korrektur.

Entsprechend der Darstellung in Abb. 1 erfolgt die Korrektur des auf dem Fahrzeug ermittelten Lagesignals  $\underline{N}$  (14) durch ein Signal  $\underline{P}$  (17), das aus dem auf dem Fahrzeug gemessenen Strombelag  $\underline{A}$  (13) und dem gemessenen zeitlichen Verlauf der Statorströme  $\underline{i}$  (16) gebildet wird.

Die Ermittlung der auf das Fahrzeug bezogenen Strombelagsverteilung erfolgt dabei mit einer bekannten Streufeldmeßeinrichtung (1), (Pollageerfassung und -stabilisierung bei einem Synchron-Langständermotor, etz-a, Band 6, 1977, Seite 414-418). Das in der Schaltungsanordnung (3) gebildete Signal  $\underline{A}$  (13) wird durch die Komponenten  $A_d, A_q$  bezüglich des fahrzeugseitigen Koordinatensystems  $d, q$  beschrieben. Dabei ergibt sich für den allgemeinen Fall ein Winkel  $\alpha_i$  des Strombelages  $\underline{A}$  bezüglich der Fahrzeuglage  $\underline{P}$ . Die auf dem Fahrzeug ermittelten Signale werden mit der Übertragungseinrichtung (5) dem ortsfesten Anlagenteil zugeführt.

Mit der Strommeßanordnung (6) werden die vom Wechselrichter (7) gelieferten Wicklungsströme (15) erfaßt und nach einer Koordinatenwandlung in (8) als Stromvektor  $\underline{i}$  (16) im ortsfesten  $\alpha, \beta$ -Koordinatensystem dargestellt. Durch Division (9) der Größen (13) und (16), (Gleichung 1) ergibt sich das von der Amplitude des Stromes bzw. Strombelages unabhängige Lagesignal  $\underline{P}$  (17), das bezüglich des  $\alpha, \beta$ -Koordinatensystems um den Winkel  $\theta = \omega t + \alpha_i$  gedreht ist.

Das von der Nutenzähleinrichtung (2) in der Schaltungsanordnung (4) gebildete Lagesignal  $\underline{N}$  (14) weist bezüglich des Lagesignals  $\underline{P}$  (17) die Winkelabweichung  $\theta - \tau \neq 0$  auf. Eine Phasenkorrektur des Signales  $\underline{N}$  auf das Signal  $\underline{P}$  erfolgt dadurch, daß der zur Bildung des Lagesignals  $\underline{L}$  (18) verwendete Zähler (11) durch das Signal  $\underline{P}$  periodisch zu Null gesetzt wird.

Bei nicht vorhandenem Wicklungsstrom  $i$  und Strombelag  $A$  ist das Signal  $P$  nicht verfügbar. Es erfolgt ein selbsttätiges Rücksetzen des Zählers (11) bei einem Zählerstand, der gerade einer Wicklungsperiode entspricht, so beschreibt das Signal  $L$  (18) dann eine dem Signal  $P$  entsprechende Lage, wenn keine Nutzungsstörungen auftreten.

Eine weitere Korrekturmöglichkeit des Lagesignals  $N$  (14) ist in Abb. 2 dargestellt.

Die mit der Strommeßeinrichtung (6) und der Spannungsmesseinrichtung (19) erfaßten elektrischen Größen der Langstatorwicklung werden als Signale (15), (20) einer Modellschaltung (21) zugeführt. Das Ausgangssignal der Modellschaltung ist bei einem synchronen Linearmeter die vom Fahrzeug induzierte Spannung  $u_p$  (22), deren zeitlicher Verlauf durch den Lagewinkel  $\theta$  beschrieben wird. Eine Phasenkorrektur des Signales  $N$  auf das Signal  $u_p$  erfolgt dadurch, daß der zur Bildung des Lagesignals  $L$  (18) verwendete Zähler (11) durch das Signal  $u_p$  periodisch zu Null gesetzt wird. Das zur Phasenkorrektur verwendete Signal  $u_p$  (22) ist auch bei fehlendem Statorstrombelag verfügbar. Eine punktförmige Korrektur des Lagesignales  $N$  (14) erfolgt durch eine fahrzeugseitige Sondereinrichtung (24) entsprechend der Darstellung in Abb. 3.

Von einem in definiertem Bezug zur Langstatorwicklung angeordneten passivem Geberteil (25) wird in der aktiven Fahrzeugsonde (24) ein Impuls  $I$  (26) ausgelöst. Das Rücksetzen des Zählers (11) erfolgt selbsttätig durch das Signal  $N$  (14) mit einer der Langstatorwicklung entsprechenden Periodizität und zusätzlich durch den Impuls  $I$  (26). Dabei ist es zweckmäßig, die fahrzeugseitigen passiven Geberteile (25) so anzuordnen, daß in der Statormontage auftretende Diskontinuitäten eng eingegrenzt sind. Hierdurch wird erreicht, daß auftretende Lagefehler sich nur örtlich begrenzt auswirken können.

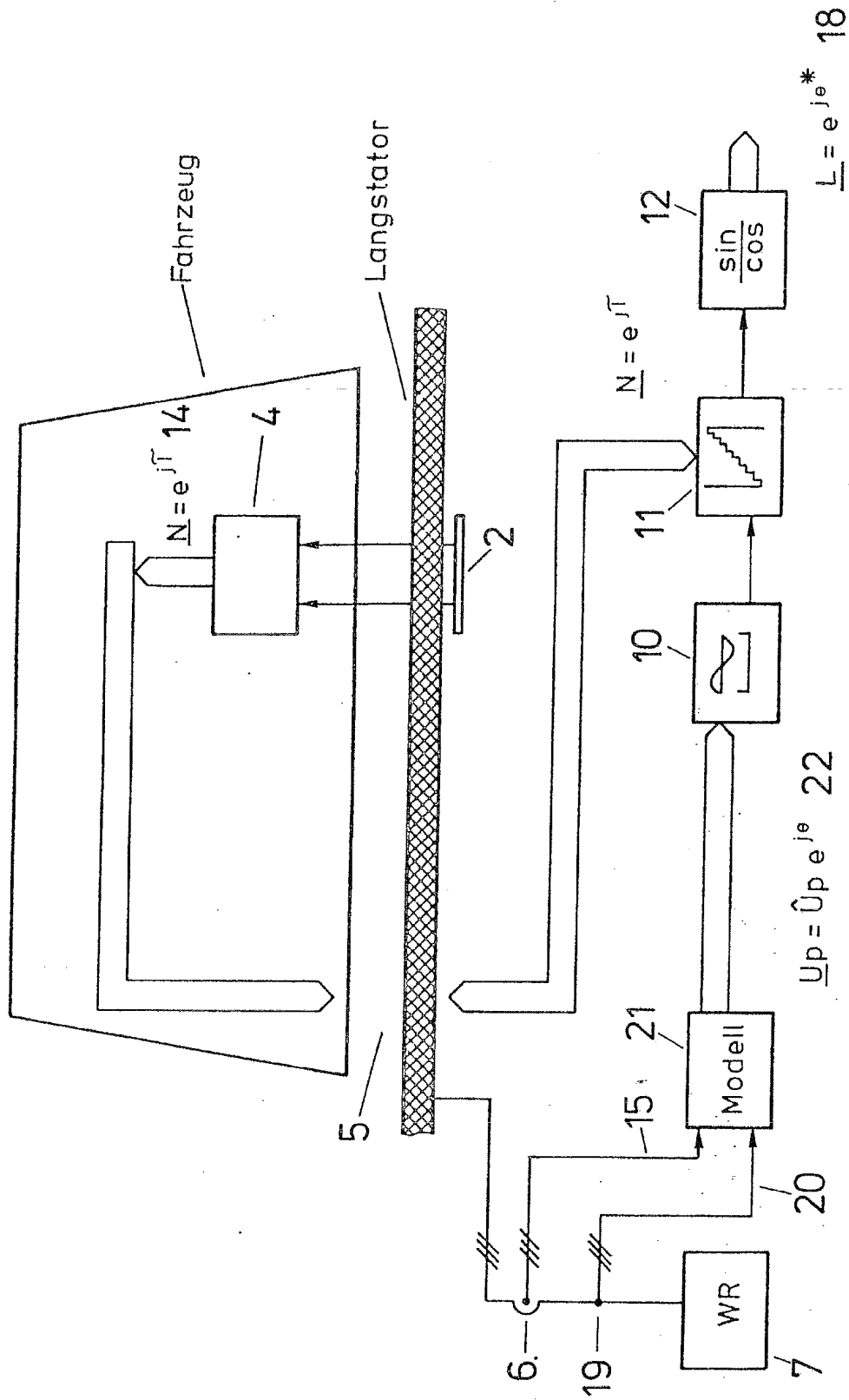


Abb. 2



03.10.81

3148007

18

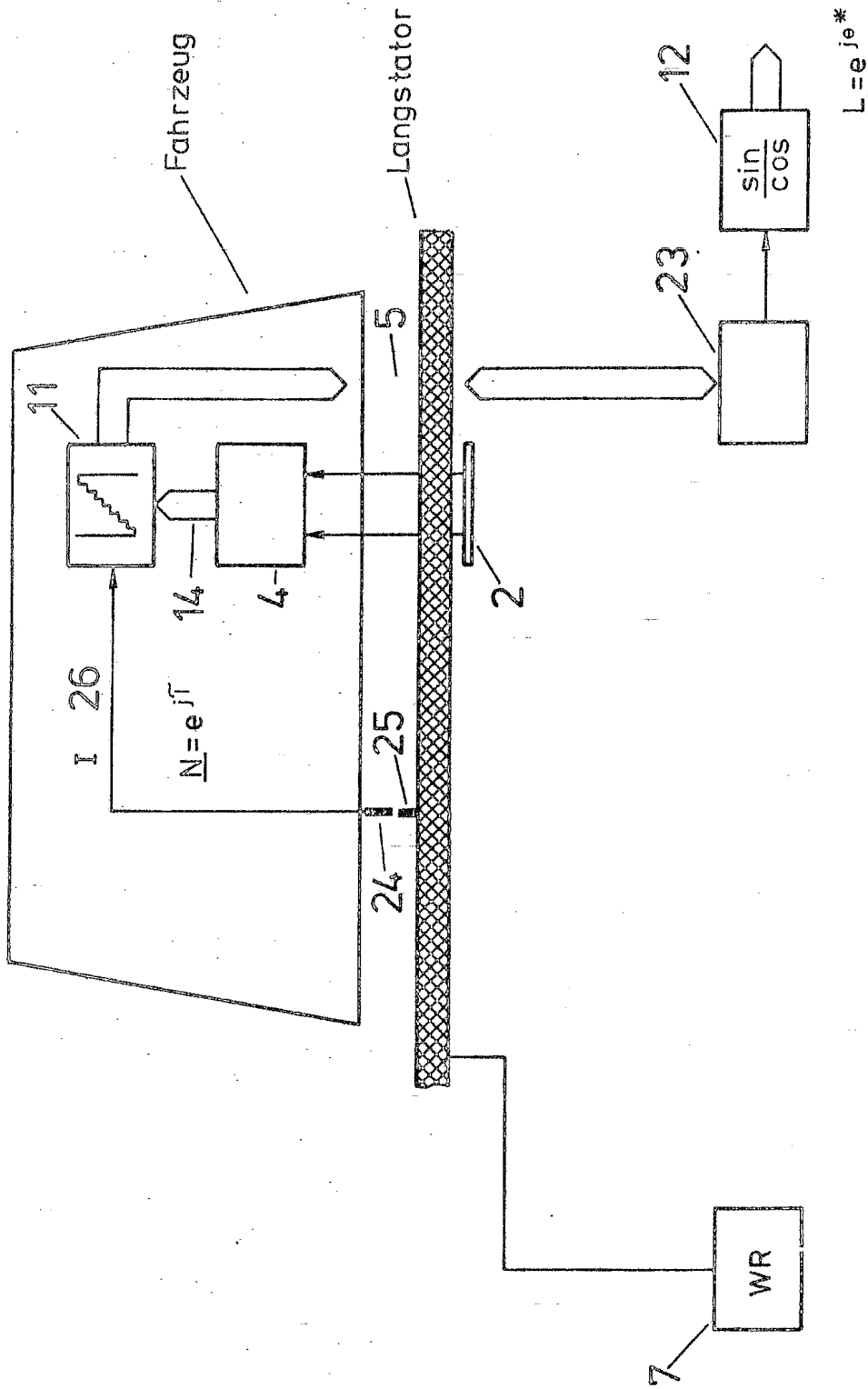
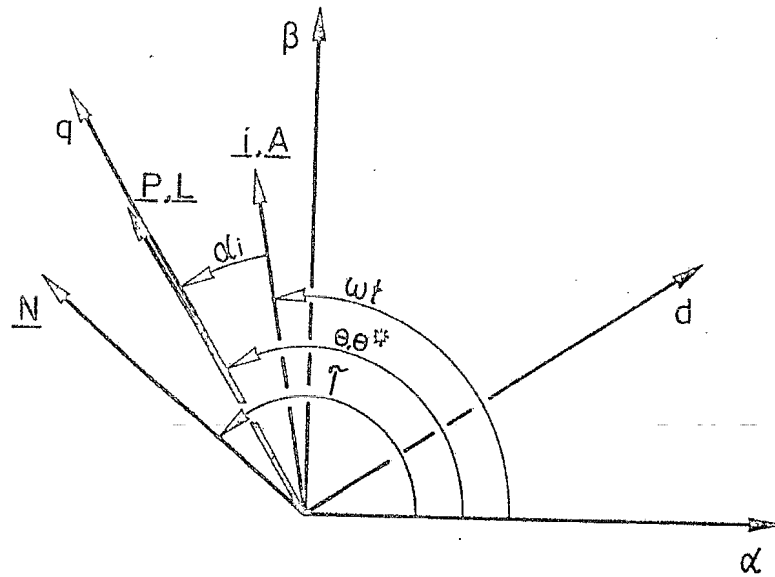


Abb. 3



$$\underline{i} = \hat{i} e^{j\omega t} \quad ; \quad \underline{A} = j A e^{-j\alpha_i}$$

$$\underline{P} = \frac{\underline{i}}{\underline{A}} = k e^{j(\omega t + \alpha_i)}$$

Gl. 1

Abb. 4

9. 12. 1901

Nummer  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3146037  
G01C 22/00  
4. Dezember 1901  
9. Juni 1903

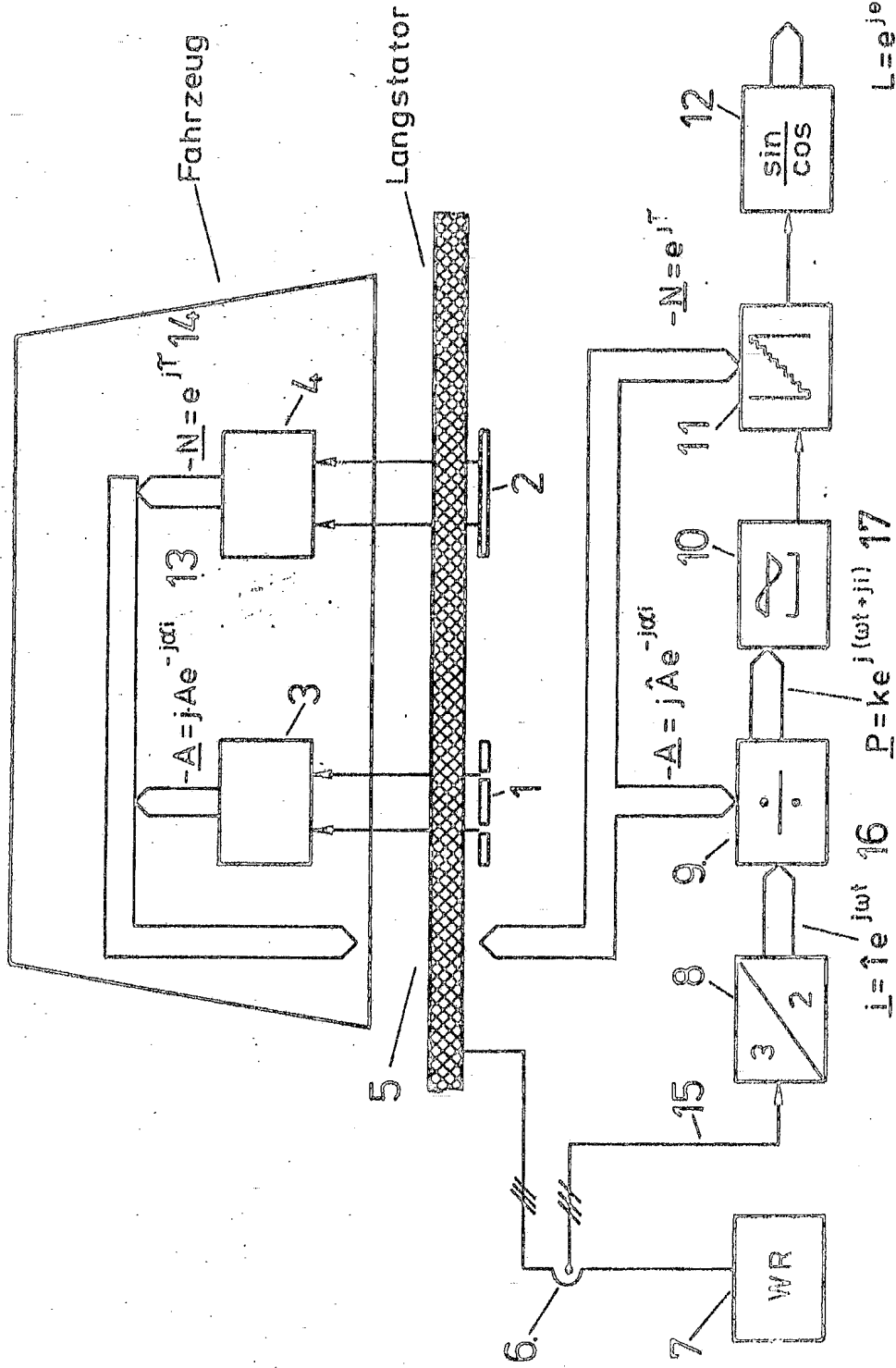


Abb. 1